

# Planety pozasłoneczne – w poszukiwaniu drugiej Ziemi

\* Obserwatorium Astronomiczne  
Uniwersytetu Warszawskiego

Milena RATAJCZAK\*

Człowiek spoglądał w nocne niebo od zarania dziejów, od równie dawna podejmował też próby znalezienia odpowiedzi na pytanie: czy jesteśmy sami we Wszechświecie? Dziś, w dobie zaawansowanych sond kosmicznych i ekstremalnie dużych teleskopów, pytanie to jest nadzwyczaj aktualne.

Temat odległych światów rozbudza wyobraźnię nie tylko uczonych, ale też szerokiego grona fascynatów nocnego nieba. Interpretowany na różne sposoby stał się pożywką dla myśli wybitnych twórców fantastyki naukowej. Trzydzieści lat temu planety pozasłoneczne, czyli takie, które znajdują się poza Układem Słonecznym, wyszły ze sfery *science fiction*, by na stałe zapisać się na kartach historii odkryć astronomicznych. Dziś odkryć kolejnych nowych światów dokonuje się niemal co tydzień, a ich łączna liczba przekracza 4 tysiące.

## Pierwsze kroki

Falę odkryć planet pozasłonecznych, zwanych też egzoplanetami, zapoczątkował polski astronom Aleksander Wolszczan, który w 1992 roku, wspólnie z kanadyjskim uczonym Dale Frailem, dokonał odkrycia planet wokół nietypowego obiektu – pulsara PSR 1257+12. Pulsar jest szczególnym rodzajem „umarłej” gwiazdy powstałej w wybuchu supernowej – gwiazdy neutronowej. Zakładano, że eksplozja supernowej powinna zniszczyć potencjalne planety w takim układzie, stąd odkrycie Wolszczana było nie lada zaskoczeniem dla astrofizyków.

Astronomowie dążyli jednak do znalezienia planet krążących wokół gwiazd podobnych do Słońca. Dokonał tego 3 lata później duet szwajcarskich astrofizyków – Michel Mayor i Didier Queloz. Astronomowie przy użyciu techniki spektroskopowej wykryli zaburzenia w ruchu gwiazdy spowodowane istnieniem krążącej wokół niej planety, nazwanej 51 Pegasi b. Opracowana przez Szwajcarów metoda wykrywania planet, badająca okresowe zmiany w ruchu gwiazdy przy wykorzystaniu spektroskopii, dała podwaliny pod nową, prężnie rozwijającą się gałąź astronomii. Za swoje odkrycie Mayor i Queloz zostali uhonorowani Nagrodą Nobla z fizyki w 2019 roku.

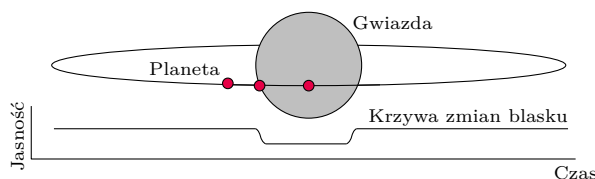
## Techniki odkrywania egzoplanet

Odkrywanie odległych światów nie jest trywialne, planety bowiem giną w świetle gwiazd, wokół których krążą. Z grona ponad 4 tysiące egzoplanet zaledwie kilkanaście zostało zaobserwowanych w sposób bezpośredni, poprzez sfotografowanie przy przysłonięciu światła pochodzącego od gwiazdy. Do wykrycia pozostałych planet wykorzystano metody pośrednie, polegające na obserwacjach gwiazd i poszukiwaniu nieregularności w ich jasności, ruchu lub położeniu.

Wspomniana wcześniej metoda spektroskopowa użyta przez Szwajcarów, zwana **metodą prędkości radialnych**, wykorzystuje widma gwiazd uzyskane po przepuszczeniu światła od nich pochodzącego przez pryzmat lub siatkę dyfrakcyjną. W widmach dostrzegamy linie absorpcyjne i emisyjne, których odpowiednie zestawy przypisane są pierwiastkom występującym w atmosferach badanych gwiazd (zobacz  $\Delta_{19}^4$ ). Przesunięcie tych linii związane jest z efektem Dopplera i świadczy o ruchu analizowanej gwiazdy, a ten z kolei może być spowodowany istnieniem drugiego ciała (np. planety) w obserwowanym układzie. Prędkość gwiazdy w ruchu wokół środka masy takiego układu (wywołanym obecnością egzoplanety) jest względnie niewielka, współczesne spektrografy uzyskują jednak dokładność pomiaru lepszą niż 1 m/s, co pozwala na precyzyjne badanie wybranych obiektów. Do tej

pory przy użyciu metody prędkości radialnych udało się odkryć około 860 egzoplanet.

Najskuteczniejszą ze znanych technik odkrywania odległych globów, dzięki której wykryto już niemal 3 tysiące planet, jest tzw. **metoda tranzytów**. U jej podstaw leży monitorowanie jasności gwiazd, wokół których mogą krążyć planety. Jeśli linia Ziemia (obserwator) – gwiazda zostanie przecięta przez poruszającą się planetę, dysk gwiazdy zostanie częściowo



Metoda tranzytu: planeta przechodząca na tle gwiazdy powoduje spadek jej jasności, który obserwujemy w tzw. krzywej zmian blasku

przysłonięty, a jej chwilowa jasność obserwowana spadnie. Zjawisko przejścia ciała niebieskiego przed tarczą innego ciała nazywamy tranzytem (stąd nazwa metody) i możemy go doświadczać także w naszym Układzie Słonecznym (np. z Ziemi możemy obserwować tranzyt Wenus i Merkurego na tle dysku Słońca,  $\Delta_{19}^{10}$ ). Przebieg wspomnianych okresowych zmian jasności gwiazdy jest zależny od wielkości planety, więc metoda ta pozwala na wyznaczenie względnego promienia odległego globu.

Odkrywcami pierwszej planety, której istnienie wykryto przy użyciu metody tranzytów w 2002 roku, byli astronomowie z warszawskiego projektu OGLE, kierowanego przez Andrzeja Udalskiego. Największą liczbę odkryć, jak i prawdziwy przełom w dziedzinie badań egzoplanet, przyniósł jednak Kosmiczny Teleskop Keplera, który od 2009 roku, poruszając się po orbicie okołosłonecznej przez kilka lat nieprzerwanie badał jasność kilkuset tysięcy gwiazd.

Kosmiczny Teleskop Keplera w liczbach:

- \* Monitorowane gwiazdy: 530 506
- \* Odkryte egzoplanety: 2662
- \* Ilość zebranych danych: 678 GB
- \* Publikacje naukowe: 2946
- \* Długość trwania misji: 9,5 roku
- \* Koszt: 591 mln USD

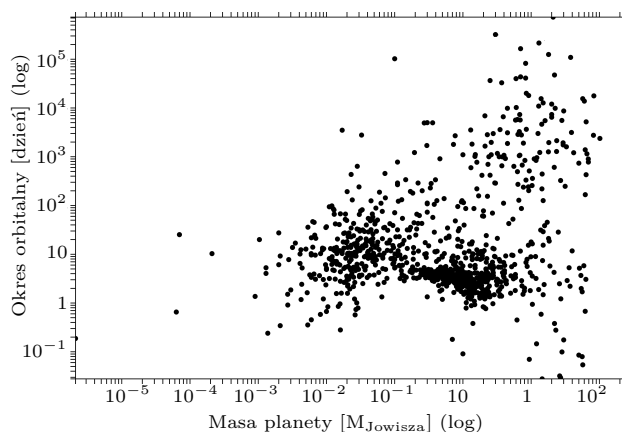
Kolejną metodą wykrywania planet pozasłonecznych jest **astrometria**, czyli badanie położenia gwiazd na niebie. Precyzyjne pomiary współrzędnych gwiazdy mogą wykazać jej ruch, co z kolei może świadczyć o obecności planety krążącej wokół niej, a dokładniej: wspólnego środka masy układu, wokół którego krążą też badana gwiazda. Obserwacje astrometryczne pomagają w wykryciu planet krążących daleko od gwiazd i wymagają długiego czasu, dlatego przy użyciu tej metody wykryto zaledwie 10 planet.

Ostatnia omawiana tu technika wykrywania planet wykorzystuje zjawisko **mikrosoczewkowania grawitacyjnego**, polegające na wykorzystaniu grawitacji gwiazdy, której nie widzimy przy obserwacjach innej, odległej gwiazdy. Jeśli ciała te i Ziemia znajdują się na jednej linii, wówczas gwiazda znajdująca się pomiędzy obserwatorem a odległą gwiazdą działa jak soczewka i powoduje pojaśnienie badanego obiektu. Te zmiany jasności odległej gwiazdy mogą być zaburzone przez istnienie planety wokół gwiazdy soczewkującej, co wykorzystuje się przy poszukiwaniu odległych światów. Pionierami użycia metody soczewkowania grawitacyjnego do znajdowania egzoplanet byli naukowcy ze wspomnianego wcześniej projektu OGLE. Do dziś dzięki tej metodzie wykryto nieco ponad 100 planet.

### Zadziwiająco różne światy

Planety pozasłoneczne zaskoczyły nas swoją różnorodnością. Zdecydowana większość odkrytych egzoplanet należy do klasy tzw. gorących jowiszów, czyli planet o stosunkowo dużych rozmiarach i niskiej gęstości (jak znany z naszego Układu Słonecznego gazowy olbrzym – Jowisz). Planety te krążą bardzo blisko gwiazd, na orbitach często ciaśniejszych niż orbita Merkurego, a okres ich obiegu wynosi nie –

jak w przypadku Jowisza – 12 lat, tylko zaledwie kilkadziesiąt godzin. Fakt obserwacji tak wielu gazowych olbrzymów w niewielkiej odległości od gwiazd jest także związany z selekcją obserwacyjną – łatwiej jest nam wykryć większe planety znajdujące się blisko gwiazd niż te mniejsze i bardziej odległe. Niemniej jednak ich powszechne występowanie rzuca światło na zagadnienie migracji planet, także w naszym Układzie Słonecznym. Dziś przypuszczamy, że gorące jowisze powstały znacznie dalej od swych macierzystych gwiazd i na skutek migracji przywędrowały w ich pobliże.



Zależność okresu orbitalnego od masy odkrytych planet pozasłonecznych. Łatwiej jest nam odkrywać planety bardziej masywne znajdujące się blisko gwiazd

Kolejną klasą powszechnie występujących planet, których nie znamy z Układu Słonecznego, są tzw. super-ziemie. Są to planety skaliste o masach kilkakrotnie większych niż masa Ziemi i promieniach trzykrotnie przewyższających ziemski promień. Jednak największym zaskoczeniem dla łowców planet było odkrycie planet swobodnych, czyli takich, które nie okrążają gwiazd, a samotnie przemierzają przestrzeń kosmiczną. Przypuszcza się, że takie egzoplanety powstały w układach planetarnych, ale zostały z nich wyrzucone.

Na naszych oczach dzieje się rewolucja technologiczna, pozwalająca nie tylko na odkrywanie coraz większej liczby odległych światów, ale też na badanie ich właściwości. Dziś nie tylko potrafimy odkryć planetę, której nie widzimy, krążącą wokół dalekiej gwiazdy, ale i zbadać skład atmosfery takiej egzoplanety. Dzięki temu wiemy, jakie pierwiastki na niej występują, a stąd już niedaleko do zagadnienia poszukiwania życia we Wszechświecie. Śladów życia poza naszym Układem Słonecznym do tej pory nie odnaleźliśmy, ale planowane planetarne misje kosmiczne, jak *Characteristic Exoplanets Satellite* (Cheops), *Planetary Transit and Oscillations of Stars* (PLATO) czy *James Webb Telescope* (JWST), a także budowany w Chile *Ekstremalnie Duży Teleskop* (ELT) na pewno nas do tego przybliżą. Mnogość i różnorodność odległych światów zaskakuje nas do tego stopnia, że śmiemy przypuszczać, że znalezienie drugiej Ziemi i życia na niej jest tylko kwestią czasu. Pozostaje pytanie, jakie to życie będzie i czy na pewno chcemy dostrzec bliźniaczkę Ziemi, na której takie życie występuje.